

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

23.04.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年 4月30日

出 願 番 号
Application Number:

特願2002-128497

[ST.10/C]:

[JP 2002-128497]

出 願 人
Applicant(s):

J F E スチール株式会社

REC'D 20 JUN 2003

WIPO

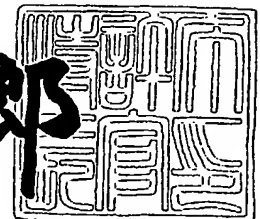
PCT

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 6月 2日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3041562

BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 02J00136

【提出日】 平成14年 4月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B 11/24

【発明者】

 【住所又は居所】 千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製鉄株式会社
 技術研究所内

 【氏名】 児玉 俊文

【発明者】

 【住所又は居所】 千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製鉄株式会社
 技術研究所内

 【氏名】 鈴木 平

【発明者】

 【住所又は居所】 千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製鉄株式会社
 技術研究所内

 【氏名】 虎尾 彰

【特許出願人】

 【識別番号】 000001258

 【氏名又は名称】 川崎製鉄株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100080458

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 高矢 諭

【選任した代理人】

 【識別番号】 100076129

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 松山 圭佑

【選任した代理人】

【識別番号】 100089015

【弁理士】

【氏名又は名称】 牧野 剛博

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006943

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9803081

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電縫溶接管のビード切削形状の計測方法および装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電縫溶接管の溶接部に生成された管内面あるいは外面のビードを切削した後の形状を計測する電縫溶接管のビード切削形状の計測方法において、

前記ビード部に照射したスリット光の像を前記スリット光の照射方向と異なる角度から撮像手段により撮像して得られる光切断画像に対して、

該光切断画像上のある幅方向座標における管軸方向の最大輝度および前記スリット光の照射領域から外れる地合部領域の最大輝度をそれぞれ求め、

前記管軸方向の最大輝度と地合部領域の最大輝度を予め定めた比で内分して得られる輝度を閾値とし、

該閾値より大である輝度およびそれを示す管軸方向座標の加重平均を当該幅方向座標、管軸方向座標における擬似断面方向座標とし、

該擬似断面方向座標を幅方向に連ねて得られる擬似断面形状と、前記スリット光の光源、前記撮像手段および電縫溶接管の幾何学的位置関係から決まる所定の変換式に基づいて前記電縫溶接管のビード切削形状を算出することを特徴とする、電縫溶接管のビード切削形状の計測方法。

【請求項 2】

電縫溶接管の溶接部に生成された管内面あるいは外面のビードを切削した後の形状を計測する電縫溶接管のビード切削形状の計測方法において、

前記ビード部に照射したスリット光の像を前記スリット光の照射方向と異なる角度から撮像手段により撮像して得られる光切断画像に対して、

該光切断画像上のある幅方向座標における管軸方向の最大輝度が所定の固定閾値以上である場合は、それを示す管軸方向座標の加重平均を当該幅方向座標、管軸方向座標における擬似断面方向座標とし、

前記最大輝度が前記所定の固定閾値を下回る場合は、該光切断画像上のある幅方向座標における管軸方向の最大輝度および前記スリット光の照射領域から外れる地合部領域の最大輝度をそれぞれ求め、

前記管軸方向の最大輝度と地合部領域の最大輝度を予め定めた比で内分して得られる輝度を閾値とし、

該閾値より大である輝度およびそれを示す管軸方向座標の加重平均を当該幅方向座標、管軸方向座標における擬似断面方向座標とし、

該擬似断面方向座標を幅方向に連ねて得られる擬似断面形状と、前記スリット光の光源、前記撮像手段および電縫溶接管の幾何学的位置関係から決まる所定の変換式に基づいて前記電縫溶接管のビード切削形状を算出することを特徴とする、電縫溶接管のビード切削形状の計測方法。

【請求項 3】

切削後の電縫溶接管ビード部にスリット光をある入射角で照射するスリット光源と、

前記スリット光の照射像を別な受光角で撮像する撮像手段と、

該撮像手段の出力する光切断画像に対して、該光切断画像上のある幅方向座標における管軸方向の最大輝度および該最大輝度となる管軸方向座標を算出する第 1 の演算回路と、

ある幅方向座標における前記管軸方向の最大輝度となる管軸方向座標から所定の画素数以上外れた地合部の最大輝度を算出する第 2 の演算回路と、

前記第 1 の演算回路および第 2 の演算回路の出力から所定の演算式に従って算出される閾値より輝度が大である輝度およびそれを示す管軸方向座標の加重平均を算出する積算回路と、

上記のように算出した管軸方向座標の加重平均を幅方向に連ねて擬似断面形状を生成する画像再構成回路と、

前記スリット光源、前記撮像手段および前記電縫溶接管の幾何学的位置関係から決まる所定の変換式に基づいて前記電縫溶接管のビード切削形状を算出して表示する座標演算回路と、

を備えたことを特徴とする、電縫溶接管のビード切削形状の計測装置。

【請求項 4】

切削後の電縫溶接管ビード部にスリット光をある入射角で照射するスリット光源と、

前記スリット光の照射像を別な受光角で撮像する撮像手段と、

該撮像手段の出力する光切断画像に対して、該光切断画像上のある幅方向座標における管軸方向の最大輝度および該最大輝度となる管軸方向座標を算出する第 1 の演算回路と、

前記のある幅方向における管軸方向の最大輝度が所定の固定閾値以上か否かを判定する分岐回路と、

ある幅方向座標における前記管軸方向の最大輝度となる管軸方向座標から所定の画素数以上外れた地合部の最大輝度を算出する第 2 の演算回路と、

前記のある幅方向座標における管軸方向の最大輝度と地合部の最大輝度を予め定めた比で内分して得られる閾値より大である管軸方向座標の加重平均を算出する第 1 の積算回路と、

前記所定の固定閾値以上の輝度およびそれを示す管軸方向座標の加重平均を算出する第 2 の積算回路と、

上記のように算出した第 1 の積算回路および第 2 の積算回路の出力を、前記分岐回路の出力に従って選択し幅方向に連ねて擬似断面形状を生成する画像再構成回路と、

前記スリット光源、前記撮像手段および前記電縫溶接管の幾何学的位置関係から決まる所定の変換式に基づいて前記電縫溶接管のビード切削形状を算出して表示する座標演算回路と、

を備えたことを特徴とする、電縫溶接管のビード切削形状の計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は電縫溶接管のビード切削形状の計測方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、電縫溶接管（以下、本文中では略して「電縫管」と称している箇所がある）、例えば電縫鋼管は、鋼帯（鋼板を含む）を管状に整形しながら搬送し、鋼帯両幅端を高周波誘導加熱圧接や抵抗加熱圧接等の手段で鋼帯長手方向に連続

的に突き合わせ溶接することによって製造されている。

【 0 0 0 3 】

この電縫管の溶接部には、圧接による盛り上がり、即ちビードが管内外面に生じるが、通常このビードは製造ライン中、溶接機よりも下流に設置された切削バイトにより鋼帯長手方向に連続的に切削される。ビード部を切削除去後の同部の形状（以下、ビード切削形状と称す）は、理想的には鋼帯母材部の輪郭形状と一体化しビード部がどこであったかわからなくなることが望ましく、可及的にそれに近づけるため切削バイト先端を電縫管表面の適切な位置に保持する必要がある。

【 0 0 0 4 】

このため、従来より、切削開始時点で、作業員が目視判定やマイクロメータ等で切削部の厚み計測等を行って、切削バイトを最適位置に調整するようにしていたが、何本もの電縫管を製造するうちに、種々の理由から切削バイトの位置ずれや切削バイトの刃が欠けるなどして、製品電縫管にビード削り残しや深削りなどの切削不良が発生する場合があった。

【 0 0 0 5 】

このような切削不良は製品電縫管の外観を損なうだけでなく、このような切削不良部を有する管をガスライン等の加圧配管に適用すると、最悪の場合、管破裂に至る危険がある。

【 0 0 0 6 】

従って、ビード切削形状を管の製造中に計測して監視し、その結果に応じて切削バイト位置を適宜修正する必要がある。

【 0 0 0 7 】

しかしながら、ビード切削形状の監視は、外から観察しやすい管外面であっても作業員の目視観察に頼らざるを得ないため、精度や再現性に欠けるなど、定量性や信頼性に問題がある。

【 0 0 0 8 】

一方、管内面に関しては、ラインの構成上、製造中はビード部を直接観察することができず、ラインの最終位置において管を切断した時点で端部を観察したり

、あるいは運転を中断して管のビード位置の部分でガス溶断してサンプリングし、その内面を観察する、等の方法で対処しているが、前者の方法では観察位置が切削位置より数十mm以上下流であるため、切削に異常が発生した場合でも、これを検知するまでに発生する不良部の長さが長くなって歩留まりが低下するという問題があった。また、後者においては、ライン停止に伴って切削バイトを逃がさないと摩擦熱で焼き付く等の問題があるため、ラインの運転を再開してもビード切削形状に段差ができる等して歩留まりが低下する上に、ラインを停止させねばならず、生産能率も低下するという問題があった。また、この両者とも管軸方向の一部分を検査するだけのため、製品全長の品質保証を行うという品質管理体制には応じることができないという問題があった。

【 0 0 0 9 】

これらの問題を解決するため、半自動的なビード切削形状計測方法として、光切断法を用いた方法が従来より提案されている。ここで光切断法とは、たとえば特開昭57-108705号公報や特公昭60-1138号公報に登場するが、図13のように被測定物（電縫溶接管10）に光源20よりスリット光21を照射し、カメラ30で異なる角度から観察すると、被測定物10の表面形状にしたがって変形されたスリット像（光切断像）が観察され、この光切断像と観測光学系の幾何学的配置から物体形状を算出するものであり、観測光学系が単純であること、測定感度が観測光学系の幾何学的配置によって幅広く変化させられること、などの利点がある。ちなみにスリット光の照射領域から外れる領域のことを地合（ぢあい）部という。

【 0 0 1 0 】

そしてまた、例えば特開昭52-96049号公報に開示の技術では、切削しない溶接ビード部を光切断法で観察し、表示モニタ40に光学配置によって定まる拡大比に応じた目盛をつけるビード形状観察方法が提案されている。

【 0 0 1 1 】

しかしながら、これらの方法はいずれも計測画像を表示するまでであり、ビード切削形状の判定はモニタ40を作業者が目視判定することで行っており、自動計測には至っていない。

【0012】

またこの点、自動計測のための定量方法としては、例えば、特許2618303号公報に開示のような技術があった。それによれば、電縫管の溶接ビード切削後の形状を計測する際にスリット光とITVカメラによる光切断画像をもって鋼管ビード切削部の映像を捕らえ、図13中に示すように、その断面形状映像を細線化处理（一面素が一方向につながっている領域を細線に見たてること）して断面形状を算出し、その断面形状の輝度により切削部と非切削部である母材を区別し、その区別した切削部中央値と切削部右端の値及び切削部左端の値とを求め、この三つの計測値をもとに切削深さ量や切削傾き量を算出するような方法が提案されている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特許2618303号公報に開示の技術においては、細線化处理の具体的な方法として光切断画像から得られる管軸と平行な方向（Y軸方向）の最大輝度を管周方向（素材鋼板や鋼帯にとってはその幅方向に相当するため以下幅方向と称す）に伸びるX軸上の該当各座標に対しプロットするという具合に、輝度を直接Y軸座標に置き換える演算を行っているのみであるため、正確な断面形状が得られない場合がある、という問題点がある。

【0014】

これについて詳述するが、発明者らが製造現場で実験を重ねた経験によると、切削直後の電縫管の同部の表面は鏡面状態になっている一方で、周囲の非切削部は酸化膜等が付着していて黒っぽいために、スリット光の乱反射の度合いが異なる。このため、ビード切削部の光切断像の輝度は幅方向に同程度であるとは限らない。例えば図14のように切削部のスリット光はほとんど正反射（入射角と同じ角度で入射方向と正反対の方向に反射すること）してしまっており、その輝度は非切削部の10分の1以下となる場合がある。入射角と受光角が異なっていると、このような正反射光は却って低輝度に見えるからである。

【0015】

このような場合には光切断像はノイズに埋もれてしまい、ビード切削形状はう

まく得られない。I T Vカメラなどの観測光学系のゲインを高めるか露光時間を長くするなどして切削部の輝度を高めようとする、今度は図1（C）のように非切削部が前述のカメラなどの観測光学系の仕様上の最大輝度を超えるレンジオーバー（ハレーション）を起こして正確な非切削部の形状を判別できなくなる。その理由は、このような輝度のレンジオーバーが発生した場合、光切断象中の非切削部では、最大輝度を示す管軸方向座標（Y軸座標）が複数現れ、最大輝度を示す管軸方向座標（Y軸座標）を一意に決定できないからである。

【0016】

本発明は上記のような問題を解決するべくなされたもので、電縫溶接管のビード切削形状を、光切断像の切削部と非切削部における輝度レベルの違いの影響を受けることなく精度よく計測する方法及び装置を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】

本発明は、第1に、電縫溶接管の溶接部に生成された管内面あるいは外面のビードを切削した後の形状を計測する電縫溶接管のビード切削形状の計測方法において、前記ビード部に照射したスリット光の像を前記スリット光の照射方向と異なる角度から撮像手段により撮像して得られる光切断画像に対して、該光切断画像上のある幅方向座標における管軸方向の最大輝度および前記スリット光の照射領域から外れる地合部領域の最大輝度をそれぞれ求め、前記管軸方向の最大輝度と地合部領域の最大輝度を予め定めた比で内分して得られる輝度を閾値とし、該閾値より大である輝度およびそれを示す管軸方向座標の加重平均を当該幅方向座標、管軸方向座標における擬似断面方向座標とし、該擬似断面方向座標を幅方向に連ねて得られる擬似断面形状と、前記スリット光の光源、前記撮像手段および電縫溶接管の幾何学的位置関係から決まる所定の変換式に基づいて前記電縫溶接管のビード切削形状を算出することを特徴とする、電縫溶接管のビード切削形状の計測方法により前記目的を達成したものである。

【0018】

そして、本発明は、第2に、電縫溶接管の溶接部に生成された管内面あるいは外面のビードを切削した後の形状を計測する電縫溶接管のビード切削形状の計測

方法において、前記ビード部に照射したスリット光の像を前記スリット光の照射方向と異なる角度から撮像手段により撮像して得られる光切断画像に対して、該光切断画像上のある幅方向座標における管軸方向の最大輝度が所定の固定閾値以上である場合は、それを示す管軸方向座標の加重平均を当該幅方向座標、管軸方向座標における擬似断面方向座標とし、前記最大輝度が前記所定の固定閾値を下回る場合は、該光切断画像上のある幅方向座標における管軸方向の最大輝度および前記スリット光の照射領域から外れる地合部領域の最大輝度をそれぞれ求め、前記管軸方向の最大輝度と地合部領域の最大輝度を予め定めた比で内分して得られる輝度を閾値とし、該閾値より大である輝度およびそれを示す管軸方向座標の加重平均を当該幅方向座標、管軸方向座標における擬似断面方向座標とし、該擬似断面方向座標を幅方向に連ねて得られる擬似断面形状と、前記スリット光の光源、前記撮像手段および電縫溶接管の幾何学的位置関係から決まる所定の変換式に基づいて前記電縫溶接管のビード切削形状を算出することを特徴とする、電縫溶接管のビード切削形状の計測方法により前記目的を達成したものである。

【 0 0 1 9 】

そして、本発明は第 3 に、切削後の電縫溶接管ビード部にスリット光をある入射角で照射するスリット光源と、前記スリット光の照射像を別な受光角で撮像する撮像手段と、該撮像手段の出力する光切断画像に対して、該光切断画像上のある幅方向座標における管軸方向の最大輝度および該最大輝度となる管軸方向座標を算出する第 1 の演算回路と、ある幅方向座標における前記管軸方向の最大輝度となる管軸方向座標から所定の画素数以上外れた地合部の最大輝度を算出する第 2 の演算回路と、前記第 1 の演算回路および第 2 の演算回路の出力から所定の演算式に従って算出される閾値より輝度が大きい輝度およびそれを示す管軸方向座標の加重平均を算出する積算回路と、上記のように算出した管軸方向座標の加重平均を幅方向に連ねて擬似断面形状を生成する画像再構成回路と、前記スリット光源、前記撮像手段および前記電縫溶接管の幾何学的位置関係から決まる所定の変換式に基づいて前記電縫溶接管のビード切削形状を算出して表示する座標演算回路とを備えたことを特徴とする、電縫溶接管のビード切削形状の計測装置により前記目的を達成したものである。

【0020】

更に、本発明は、第4に、切削後の電縫溶接管ビード部にスリット光をある入射角で照射するスリット光源と、前記スリット光の照射像を別な受光角で撮像する撮像手段と、該撮像手段の出力する光切断画像に対して、該光切断画像上のある幅方向座標における管軸方向の最大輝度および該最大輝度となる管軸方向座標を算出する第1の演算回路と、前記のある幅方向における管軸方向の最大輝度が所定の固定閾値以上か否かを判定する分岐回路と、ある幅方向座標における前記管軸方向の最大輝度となる管軸方向座標から所定の画素数以上外れた地合部の最大輝度を算出する第2の演算回路と、前記のある幅方向座標における管軸方向の最大輝度と地合部の最大輝度を予め定めた比で内分して得られる閾値より大である管軸方向座標の加重平均を算出する第1の積算回路と、前記所定の固定閾値以上の輝度およびそれを示す管軸方向座標の加重平均を算出する第2の積算回路と、上記のように算出した第1の積算回路および第2の積算回路の出力を、前記分岐回路の出力に従って選択し幅方向に連ねて擬似断面形状を生成する画像再構成回路と、前記スリット光源、前記撮像手段および前記電縫溶接管の幾何学的位置関係から決まる所定の変換式に基づいて前記電縫溶接管のビード切削形状を算出して表示する座標演算回路と、を備えたことを特徴とする、電縫溶接管のビード切削形状の計測装置により前記目的を達成したものである。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0022】

(第1の実施の形態)

光切断像をCCDカメラのような二次元撮像手段で撮像した場合を考えると、地合部とスリット光の照射領域とを併せた領域が表示画面に表示されることが想定される。これを以下、光切断画像、と称することにとすると、該光切断画像中、図1(a)のような二次元メッシュの表示画像としてスリット光照射域の光切断像が捕らえられる。図1(a)中、二次元メッシュで仕切られる左下隅の画素の更に左下隅のコーナーを原点とし、幅方向にX軸、管軸方向にY軸をとると、前

述の左下隅の画素につき、対角線中心を代表点とすることができ、その座標を $X = X_1$ 、 $Y = Y_1$ と定める。すると、各画素は、その座標を $X = X_i$ 、 $Y = Y_j$ と定めることができる。

【 0 0 2 3 】

前述の光切断画像には、地合部も含めてスリット光照射域の光切断像が表示されており、該光切断画像中、 X 座標 $X = X_i$ 、 Y 座標 $Y = Y_j$ に代表されるある画素につき、その画素での輝度が $I(X_i, Y_j)$ であったとする。

【 0 0 2 4 】

ここで次式のように定義される Y 座標 Y_j と輝度 $I(X_i, Y_j)$ の加重平均 $S(X_i)$ を、 $X = X_i$ における光切断線の Y 座標とする。

【 0 0 2 5 】

$$S(X_i) = \sum Y_j \cdot I(X_i, Y_j) / \sum I(X_i, Y_j) \cdots (1)$$

【 0 0 2 6 】

ここでもし、スリット光の照射領域から外れる、図 1 中でいえば (b) 中に示す地合部に、間接反射光や背光などの外乱成分があるとその成分も加算されて誤差となるが、光切断画像において Y 軸方向で輝度最大になるのはスリット光照射域であり、その Y 方向の広がりはずかで、その広がり程度も予めわかる。よって、スリット光照射域から外れる領域の Y 座標の範囲はノイズとみなすことができる。

【 0 0 2 7 】

そこで、次に述べる (1) ~ (3) の手順により、各 X 座標において、光切断線の Y 座標を求めるようにする。

【 0 0 2 8 】

(1) Y 軸方向の最大輝度となる Y 座標 (複数存在する場合はその平均値) Y_0 とその点での輝度 I_0 を求める。

【 0 0 2 9 】

(2) 予め定めた画素数 N_w を用い $0 \leq Y \leq Y_0 - N_w \Delta Y$ 、 $Y_0 + N_w \Delta Y \leq Y \leq Y_n$ (Y_n は光切断画像の Y 方向端の画素の代表点の Y 座標。 ΔY は一画素の Y 方向長さ) の範囲の最大輝度 I_1 を求める。

【0030】

(3) I_0 と I_1 の間の適切な値(たとえば平均値 $(I_0 + I_1) / 2$)を閾値 J_1 とし、Y方向の画素輝度が J_1 より大なるYの範囲において $S(X_i)$ を算出する。

【0031】

(4) 管軸方向へのスリット光照射域の相対移動に伴い、上記(1)～(3)の手順を繰り返す。

【0032】

以上のような第1の実施の形態にかかる光切断線のY座標の算出方法の手順をまとめてフローチャートに示すと図2に示すようになり、このような演算によって、電縫溶接管のビード切削形状の光切断画像を、光切断像の切削部と非切削部における輝度レベルの違いの影響を受けることなく精度よく計測することができる。

【0033】

(第2の実施の形態)

また、更に非切削部の反射光強度が、図1(a)の白抜きで示したようなハレーションを起こしているような場合、即ち計測輝度でいえばそれが図1(c)に相当する、レンジオーバーを起こすほど十分高い場合や、地合部からのノイズは無視できるほど小さい場合には、そのような反射光強度が高い領域の断面線算出を所定の固定閾値 J_2 に置き換えてもよい。つまり上記の手順の替わりに次のようにしてもよい。

【0034】

(1) Y軸方向の最大輝度となるY座標(複数存在する場合はその平均値) Y_0 とその点での輝度 I_0 を求める。

【0035】

(2) 予め定めた画素数 N_w を用い $0 \leq Y \leq Y_0 - N_w \Delta Y$ 、 $Y_0 + N_w \Delta Y \leq Y \leq Y_n$ (Y_n は光切断画像のY方向端の画素の代表点のY座標。 ΔY は一面素のY方向長さ)の範囲の最大輝度 I_1 を求める。

【0036】

(3) I_0 が所定の固定閾値 J_2 以上の場合は、 $X = X_i$ における Y 軸方向において画素輝度が J_2 以上となる Y の範囲において $S(X_i)$ を算出する。

【0037】

この場合において、 J_2 は輝度のレンジの最大値に設定してもよいし、経験的に地合部の最大輝度以下とならない範囲で輝度のレンジの最大値よりも多少小さめに設定してもよい。

【0038】

(4) I_0 が J_2 を下回る場合は、 I_0 と I_1 の間の適切な値（たとえば平均値 $(I_0 + I_1) / 2$ ）を閾値 J_3 （第1の実施の形態でいえば J_1 に相当）とし、 Y 方向の輝度が J_3 より大なる Y の範囲において $S(X_i)$ を算出する。

【0039】

(5) 管軸方向へのスリット光照射域の相対移動に伴い、上記 (1) ~ (4) の手順を繰り返す。

【0040】

このような第2の実施の形態にかかる光切断線の位置の算出方法の手順のフローチャートは図3に示すようになり、このような演算によって、電縫溶接管のビード切削形状の光切断画像を、光切断像の切削部と非切削部における輝度レベルの違いの影響を受けることなく精度よく計測することができる。

【0041】

（第1、第2の実施の形態共通）

さて、光切断法を用い、上記のように算出した、いわば擬似断面形状ともいべき電縫溶接管上へのスリット光の照射像を、スリット幅方向（管軸方向）の加重平均で代表させた、光切断線の X 座標、 Y 座標は、光切断画像の画素アドレスであり、上記した2つの実施の形態の例では、光切断画像左下隅を原点 $(0, 0)$ とする2つの値の組となるが、これを電縫溶接管のビード切削形状の真の断面形状の実寸に変換することは容易である。

【0042】

即ち、管軸および幅方向の両方と垂直な方向を 0° とする方向角定義のもとで、光源の入射角を α 、撮像手段の受光角を β とし、かつ光源がスリット光であり

、撮像手段がカメラである場合、スリット光の光軸とカメラの光軸がつくる平面は撮像位置における電縫管の接平面と垂直になるように配置されている場合、幾何学上の公式により、画像上の断面位置 (x_i, y_j) は、次式

$$x_i = X_i \quad \dots (2)$$

$$y_j = \Delta Y \times Y_j \times \cos \alpha / \sin (\alpha + \beta) \quad \dots (3)$$

により電縫溶接管のビード切削形状の真の断面形状の実寸の座標 (x_i, y_j) に変換できる。 ΔY は一画素の y 方向の長さである。

【0043】

または、上記の式のかわりに、寸法が既知のサンプルを撮像して (X_i, Y_j) から (x_i, y_j) への変換係数を調整したものを用いてもよい。

【0044】

【実施例】

以下、図面を参照して本発明の実施例について説明する。

【0045】

(実施例1)

図4は、電縫溶接管10の内面ビードトリマー12周辺を示したものであり、図4において14が切削バイト、16が支持アーム、50が本発明によるビード切削形状計測装置の測定ヘッド、70が制御装置、90が表示装置、そして92が記録装置である。

【0046】

前記測定ヘッド50は、切削バイト14の管搬送方向の下流側、好適には500～2000mmの位置に配置され、溶接シーム部からの輻射熱や溶接屑およびソリブル水の飛散から計測機器類を保護するための機構を備えていることが望ましく、また光学系の過熱や水、油、ヒューム等による汚損を防ぐため、洗浄と冷却をかねた気体パージ機構を備えることが望ましい。

【0047】

また、前記制御装置70、表示装置90および記録装置92は、製造ラインから離れた作業位置、例えば図示しないオペレータ操作盤付近に配置して、測定ヘッド50とは支持アーム16を経由するなどしてケーブル60で接続されている

が、その経路中で電気ノイズ等の混入を防ぐためにシールド構造となっていることが望ましい。

【 0 0 4 8 】

なお、以下の実施例の説明においては、管内面のビード切削形状の計測を行う構成になっているが、本発明による電縫溶接管のビード切削形状の計測方法および装置は、管の外表面であっても内面と同様に適用することができるのは勿論である。

【 0 0 4 9 】

次に、測定ヘッド 5 0 および制御装置 7 0 の構成を図 5 を用いて説明する。図 5 において、2 0 はスリット光源、3 0 は CCD カメラ、3 2 はレンズ、2 4 は光源電源、3 4 はカメラ電源、7 2 は画像データ変換回路である。

【 0 0 5 0 】

ここで、光源電源 2 4、カメラ電源 3 4、画像データ変換回路 7 2 および以下で説明する演算回路群は、制御装置 7 0 として 1 つのケースに格納されるようにするのが望ましい。その演算回路群とは、第 1 の演算回路 7 4、第 2 の演算回路 7 6、積算回路 7 8、画像再構成回路 8 0、座標演算回路 8 2 である。

【 0 0 5 1 】

前記スリット光源 2 0 は、測定ヘッド 5 0 内にあって電縫溶接管 1 0 の断面と角度 α をなし、管周方向（幅方向）に所定の照射幅をもち、管軸方向にはできるだけ細い、好適には 0. 0 5 mm 以下の照射幅をもつ矩形状の照射像を形成するスリット光 2 1 を照射するものであり、この点については、従来技術のものを踏襲する。

【 0 0 5 2 】

ここで、スリット光は半導体レーザー素子を発光部に利用したものが広く用いられ、また照射像を矩形状にするために、ナイフエッジを用いたスクリーンやシリンドリカルレンズなどを組み合わせたものが一般に市販されている。

【 0 0 5 3 】

また、この角度 α は 9 0 ° に近いほど後述のカメラ 3 0 で観察するビード切削形状が管軸方向に拡大されるが、同時に測定ヘッド 5 0 と管内面との距離変動の

影響も大きくなるので、本実施例では事前の実験により両者のバランスを考え $\alpha = 70^\circ$ を好適値として用いた。

【0054】

前記カメラ30は、ビード切削部に照射されたスリット光の照射像を電縫溶接管30の断面と角度 β をなす方向から観察するもので、従来より工業分野で広く用いられているITVやCCD、CMOS等の半導体撮像素子を用いたカメラを利用することができる。また、カメラの結像に用いるレンズ32は市販のカメラ用レンズを用いればよいが、必要に応じ、背光等不要な光を光切断画像内から排除するために前記光源の波長にあわせた通過波長域を持つ大域通過フィルタや、輻射熱によるカメラ撮像面やレンズの損傷を防止するための熱線カットフィルタ一等を有することが望ましい。

【0055】

また、前記測定ヘッド50は、内部のカメラ30あるいは光源20、レンズ32等の光学機器を熱や水等から保護するため、密閉構造にするのが好ましく、この場合、スリット光およびカメラ視野の部分のみにそれぞれ窓52、54を開けた構造にすることが好ましい。

【0056】

前記カメラ30の配置角度は、 $(\alpha + \beta)$ が略 90° であることが望ましく、カメラの画素数および視野は、ビード部の幅および必要な分解能に基づいて決定すればよい。本発明では光源20からのスリット光照射角度 $\alpha = 70^\circ$ 、撮像角度 $\beta = 30^\circ$ 、視野の範囲を幅×高さ = $(25\text{ mm} \times 20\text{ mm})$ 、画素数は横×縦 = 1300×1000 画素を好適値として用いた。これにより、高さ方向の分解能は

$$20 / 1000 * \cos(70^\circ) / \sin(70^\circ + 30^\circ) = 0.0069 \text{ (mm)}$$

また、幅方向の分解能は $25 / 1300 = 0.0192 \text{ (mm)}$ となり、本実施例においては、幅方向（管周方向） $20\text{ }\mu\text{m}$ 、高さ方向（管軸方向） $7\text{ }\mu\text{m}$ の分解能でビード切削形状を監視可能である。

【0057】

また、光源 2 0 とカメラ 3 0 の光軸が丁度ビード切削部上で交差するように配置するのが適切であるのは言うまでもないが、更に光源 2 0 とカメラ 3 0 の光軸が成す平面が電縫管 1 0 の進行方向、即ち管の中心軸を含むように配置するのが一層望ましい。なぜならば、このように光源およびカメラを配置することにより、管内面の光切断像が光切断画像上の Y 軸方向に伸びる仮想中心線に対して左右対称に撮像できるからである。

【 0 0 5 8 】

更に、光源 2 0 およびカメラ 3 0 は図 5 のように傾けた状態で測定ヘッド 5 0 に固定してもよいが、装置の小型化を図るために、共に光軸が電縫管の中心軸と平行になるように配置して、光軸を反射鏡 3 6 で傾けるような構成にしてもよい。

【 0 0 5 9 】

次に前記制御装置 7 0 の構成各部について説明する。画像データ変換回路 7 2 は、カメラ 3 0 が出力する画像信号を各画素毎の輝度データに変換して出力するもので、カメラ 3 0 に対応した画像ボード（フレームグラバ）として近年広く市販されているものを利用すればよい。

【 0 0 6 0 】

前記第 1 の演算回路 7 4 は、採取した画像中の各 X 座標 X_i ($i = 0 \dots N$) について、Y 軸方向の最大輝度 I_0 とその最大輝度を示す Y 座標 Y_0 を算出するものであり、前記第 2 の演算回路 7 6 は、前記 Y_0 と予め設定したオフセット画素数 N_W および一画素の Y 方向長さ ΔY を用いて、前記 Y 軸方向の画素データ中の地合部 ($0 \leq Y \leq Y_0 - N_W \Delta Y$, $Y_0 + N_W \Delta Y \leq Y \leq Y_n$) の最大値 I_1 を算出するものであり、演算範囲が異なるだけで第 1 の演算回路 7 4 と同様な構成とすることができる。

【 0 0 6 1 】

前記積算回路 7 8 は、前述のようにして算出された I_0 、および I_1 から、あらかじめ定められた内分比で閾値 J_1 を算出し、 $X = X_i$ なる Y 方向 1 ラインの画素の内、輝度が J_1 より大なる範囲のみに対して、(1) 式のように定義される加重平均 $S(X_i)$ を算出する。本実施例では内分比を 1 : 1 としたので、 J

$l = (I_0 + I_1) / 2$ で算出される。

【 0 0 6 2 】

前記画像再構成回路 8 0 は、以上のようにして各 X 座標毎に出力される加重平均 $S(X_i)$ をそれぞれ $X = X_i$ における光切断形状として画像 $Q(X_i, Y_j)$ に再構成するものである。

【 0 0 6 3 】

前記座標演算回路 8 2 は、光学系の配置およびカメラの解像度で定まる所定の変換式に基づいて画像再構成回路 8 0 が出力する光切断線座標 (X 座標と、各 X 座標において光切断線の位置を示す Y 座標の組) の列を真の断面形状の実寸データに変換するもので、例えば作用の項で説明した (2) 式および (3) 式のような演算を行う回路で実現できる。

【 0 0 6 4 】

次に、本実施例の実施結果について説明する。

【 0 0 6 5 】

電縫管 1 0 の製造中に本装置の光源 2 0 から電縫管 1 0 のビード切削部 1 1 に照射されたスリット光 2.1 を、レンズ 3 2 を経由してカメラ 3 0 で観察した光切断画像は図 6 のようであり、非切削部でのスリット光照射像は明るくかつ太いのに対して、切削部のスリット光照射像は目視では確認しにくい程度であった。

【 0 0 6 6 】

これに対し、画像再構成回路 8 0 の出力した画像は図 7 のようであり、光切断画像のコントラストが切削部で非常に低いにも関わらず、切削は正常であることと、切削部と非切削部で曲率が異なる様子とが観察できた。また、別な電縫管 1 0 の製造チャンスにおいて画像再構成回路 8 0 の出力画像は図 8 のようであり、何らかの切削異常によりビード削り残しが生じているのが確認できた。この図 8 に相当する管内位置のビード切削部をサンプル採取し非接触距離計を用いてオフライン計測した結果、図 9 のように削り残り段差の高さは 0.15 mm であり、切削に異常が生じている場合でも的確にビード切削形状を測定できていることが確認された。

【 0 0 6 7 】

(実施例 2)

図 10 は、本発明の別な実施例にかかる測定ヘッド内部の演算回路群の構成を示すブロック図である。本図に図示されていない、ビードトリマー 12 およびそれに設置する測定ヘッド部 50 は上述の第 1 の実施例と同一の構成でよいので省略する。

【0068】

また、図 10 において、第 1 の演算回路 74、第 2 の演算回路 76、積算回路 78（以下、第 1 の積算回路と称する）、画像再構成回路 80 は上述の実施例 1 と同一のものをを用いればよく、本実施例の 84 は分岐回路、86 は第 2 の積算回路である。

【0069】

前記分岐回路 84 は、前記第 1 の演算回路 74 が算出する光切断線の最大輝度 I_0 と予め設定した固定閾値 J_2 との大小を判定し、第 1 の積算回路 78 もしくは第 2 の積算回路 86 いずれかを動作させるようにする回路であり、市販の比較回路で構成することができる。

【0070】

前記第 1 の演算回路 74 は、採取した画像中の各 X 座標 X_i ($i = 0 \cdots N$) について、Y 軸方向の最大輝度 I_0 とその最大輝度を示す Y 座標 Y_0 を算出するものであり、分岐回路 84 は、前記の最大輝度 I_0 が所定の固定閾値 J_2 より大か否かを判定する回路であり、第 2 の積算回路 86 は、当該 Y 方向 1 ラインの画素の内、輝度が前記所定の固定閾値 J_2 より大なる範囲のみに対して、(1) 式のように定義される加重平均 $S(X_i)$ を算出するもので、上述の実施例 1 で説明した積算回路 78 の閾値 J_1 を所定の固定閾値 J_2 にしたものである。

【0071】

前記画像再構成回路 80 も上述の実施例 1 と同一のものをを用いればよいが、その入力分岐回路 84 により、第 1 の積算回路 78 もしくは第 2 の積算回路 84 のいずれかが選択される。

【0072】

次に、本実施例の実施結果について説明する。

【 0 0 7 3 】

また別な電縫管 1 0 の製造中に本実施例により観測した電縫管内面ビード部分の光切断画像は図 1 1 のようであり、右側に見える非切削部がハレーションを起こして光切断線がその他の部分より大幅に太くなっており、かつその上下にノイズが発生している一方で、切削部は上述の実施例 1 と同様、目視でははっきりと確認できない部分もあった。これに対して、本実施例の画像再構成回路 8 0 の出力した画像は図 1 2 のようであり、ハレーションやノイズの影響を受けることなく、ビード切削形状を適正に測定することができた。

【 0 0 7 4 】

【発明の効果】

本発明により、電縫溶接管のビード切削形状を、光切断像の切削部と非切削部における輝度レベルの違いの影響を受けることなく精度よく計測することができる。また、本発明により、ビード切削形状データを自動的に演算、記録することが可能であるので、単に光切断画像を目視監視するだけでなく、定量的な判定や傾向把握、更には切削位置制御と組み合わせることで高度な電縫溶接管製造操作が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の作用を示す図

【図 2】

本発明の第 1 実施形態にかかる光切断線の算出方法を示すフローチャート

【図 3】

本発明の第 2 実施形態にかかる光切断線の算出方法を示すフローチャート

【図 4】

本発明にかかる電縫溶接管のビード切削形状計測装置を備えた内面ビードトリマーを示した概略図

【図 5】

本発明にかかるビード切削形状計測装置の要部の構成を示すブロック図

【図 6】

本発明の実施例 1 にかかる電縫管のビード切削部の光切断画像計測例を示す図

【図 7】

図 6 の測定画像に対して実施例 1 の画像再構成回路が出力する、電縫管のビード切削形状を示す図

【図 8】

別な電縫管製造時に実施例 1 の出力に形状異常が観察された例を示す図

【図 9】

図 8 に相当する管内位置のビード切削部をサンプル採取し、そのビード切削形状をオフライン計測した結果を示す図

【図 1 0】

本発明の実施例 2 にかかるビード切削形状計測装置の要部の構成を示すブロック図

【図 1 1】

同じく電縫管のビード切削部の光切断画像測定結果を示す図

【図 1 2】

図 1 1 の画像に対し、実施例 2 の画像再構成回路が出力する、電縫管のビード切削形状を示す図

【図 1 3】

光切断法の原理を説明する概略図

【図 1 4】

光切断法により電縫溶接管のビード切削部を計測した場合に、光切断画像の一部の輝度が著しく低下している例を示す図

【符号の説明】

1 0 …電縫溶接管

1 2 …ビードトリマー

1 4 …切削バイト

1 6 …支持アーム

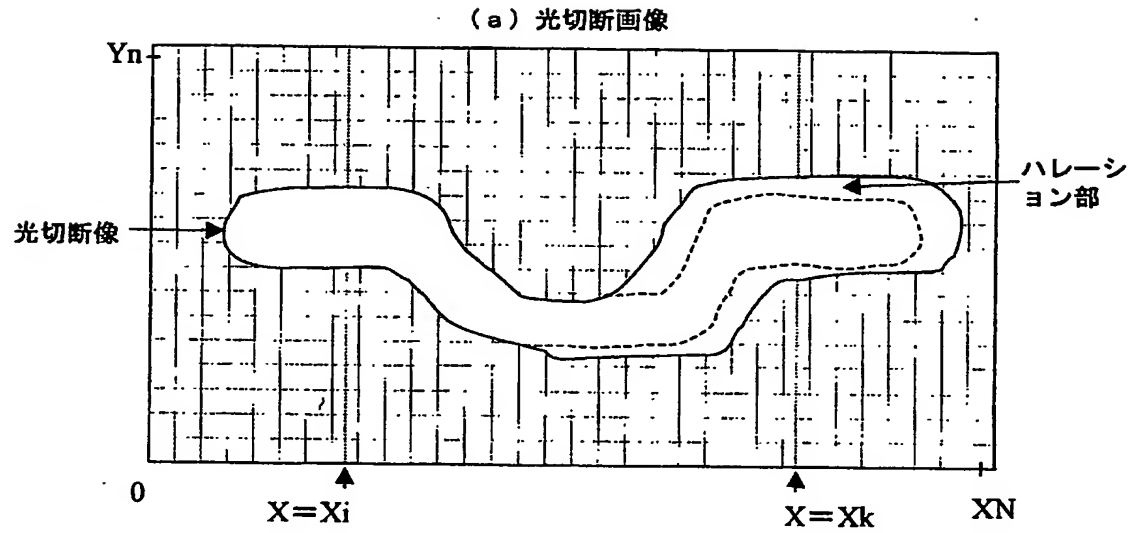
2 0 …光源

2 4 …光源電源

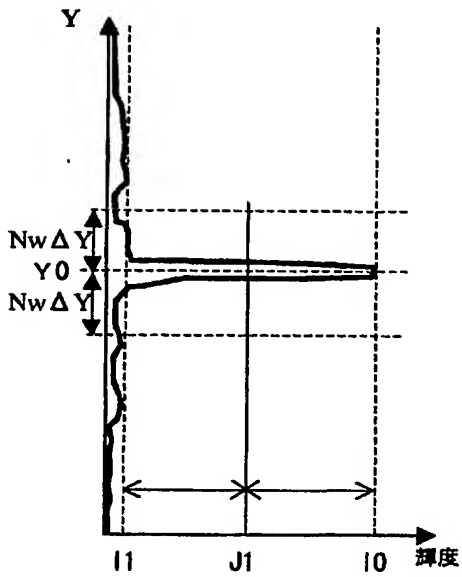
3 0 … カメラ
3 2 … レンズ
3 4 … カメラ電源
3 6 … 反射鏡
5 0 … 測定ヘッド
5 2、5 4 … 窓
6 0 … ケーブル
7 0 … 制御装置
7 2 … 画像データ変換回路
7 4 … 第 1 の演算回路
7 6 … 第 2 の演算回路
7 8 … 積算回路
8 0 … 画像再構成回路
8 2 … 座標演算回路
8 4 … 分岐回路
8 6 … 第 2 の積算回路
9 0 … 表示装置
9 2 … 記録装置

【書類名】 図面

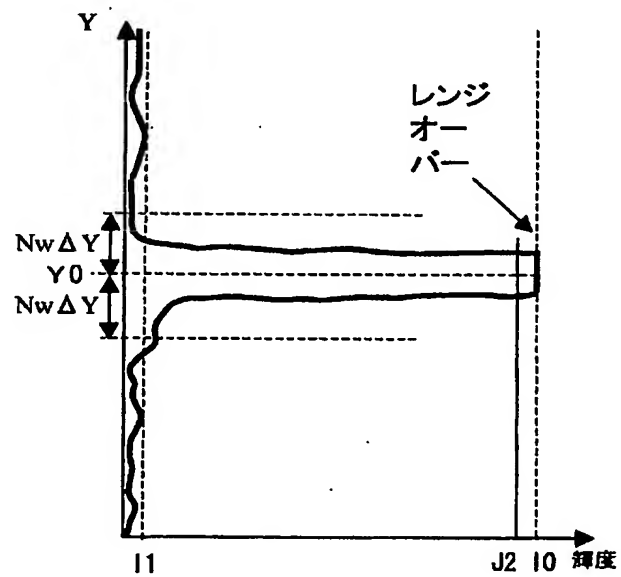
【図 1】



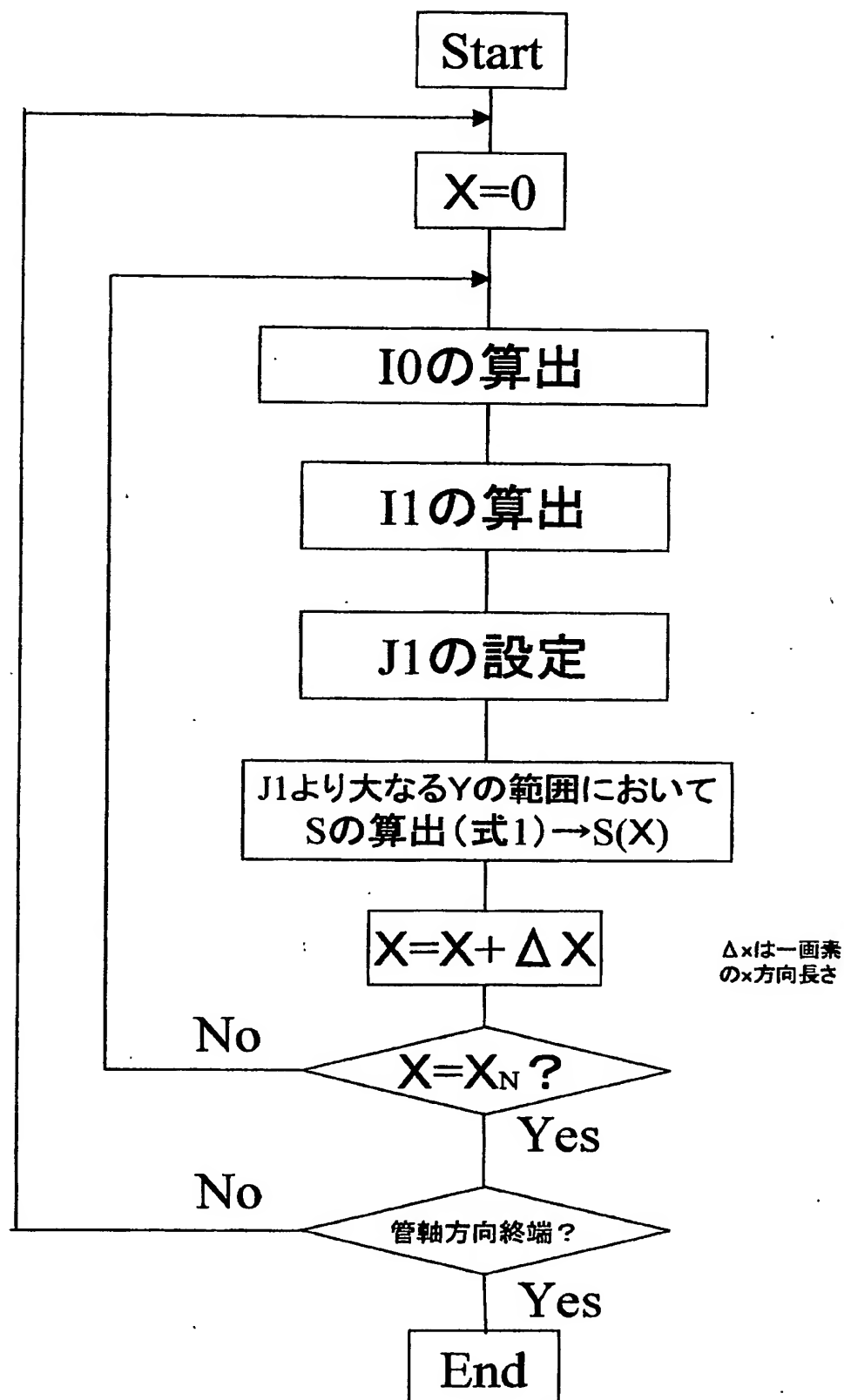
↓
(b)



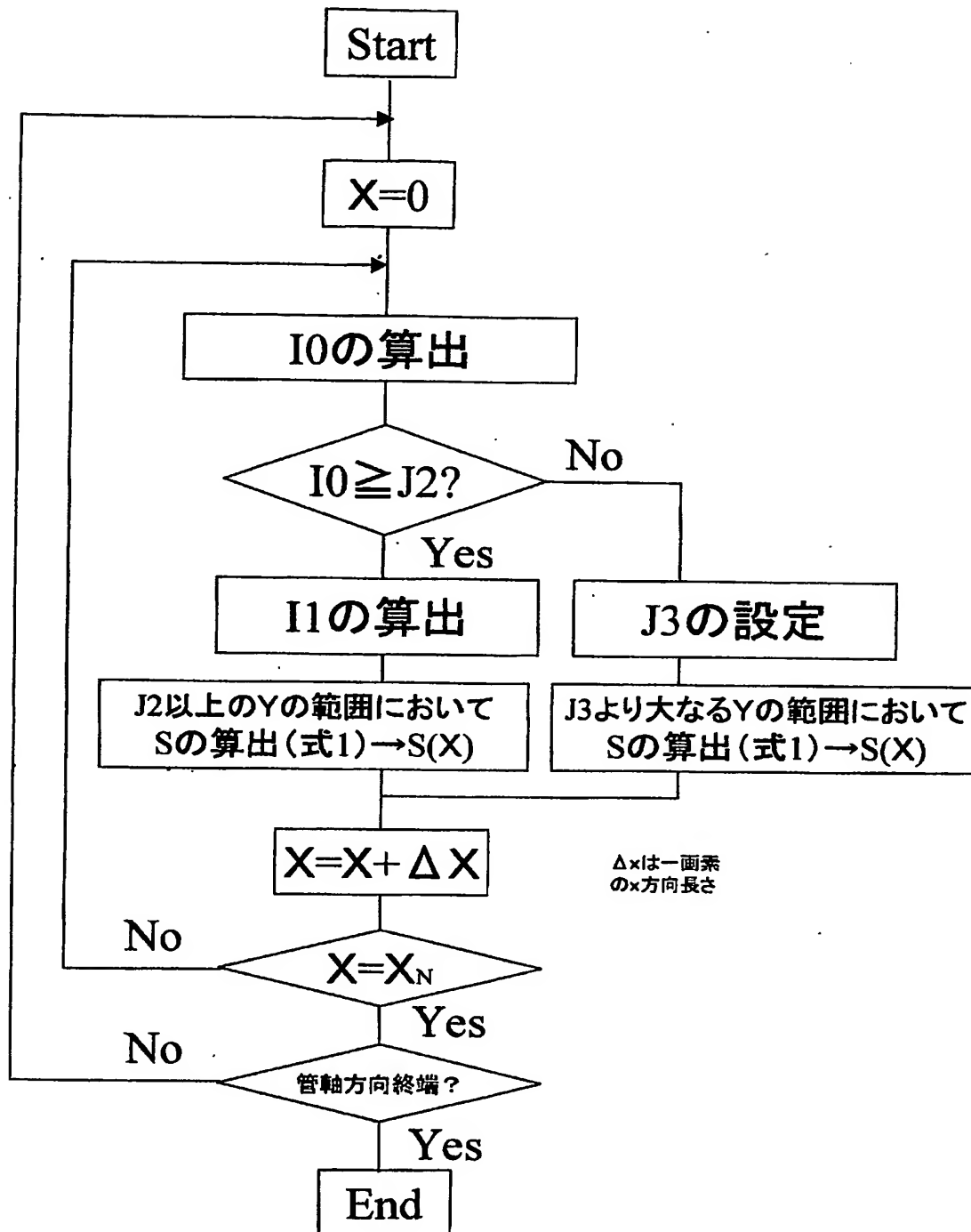
↓
(c)



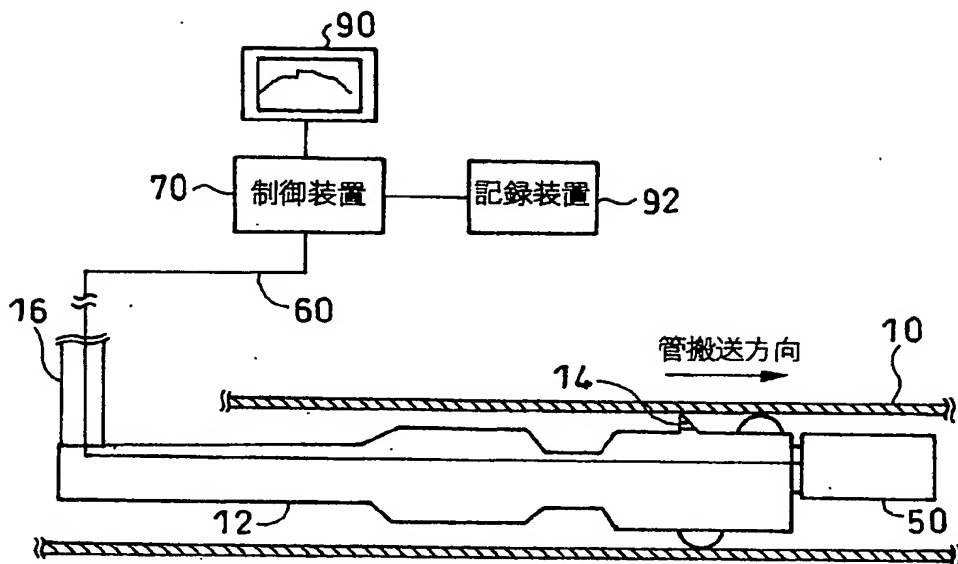
【図2】



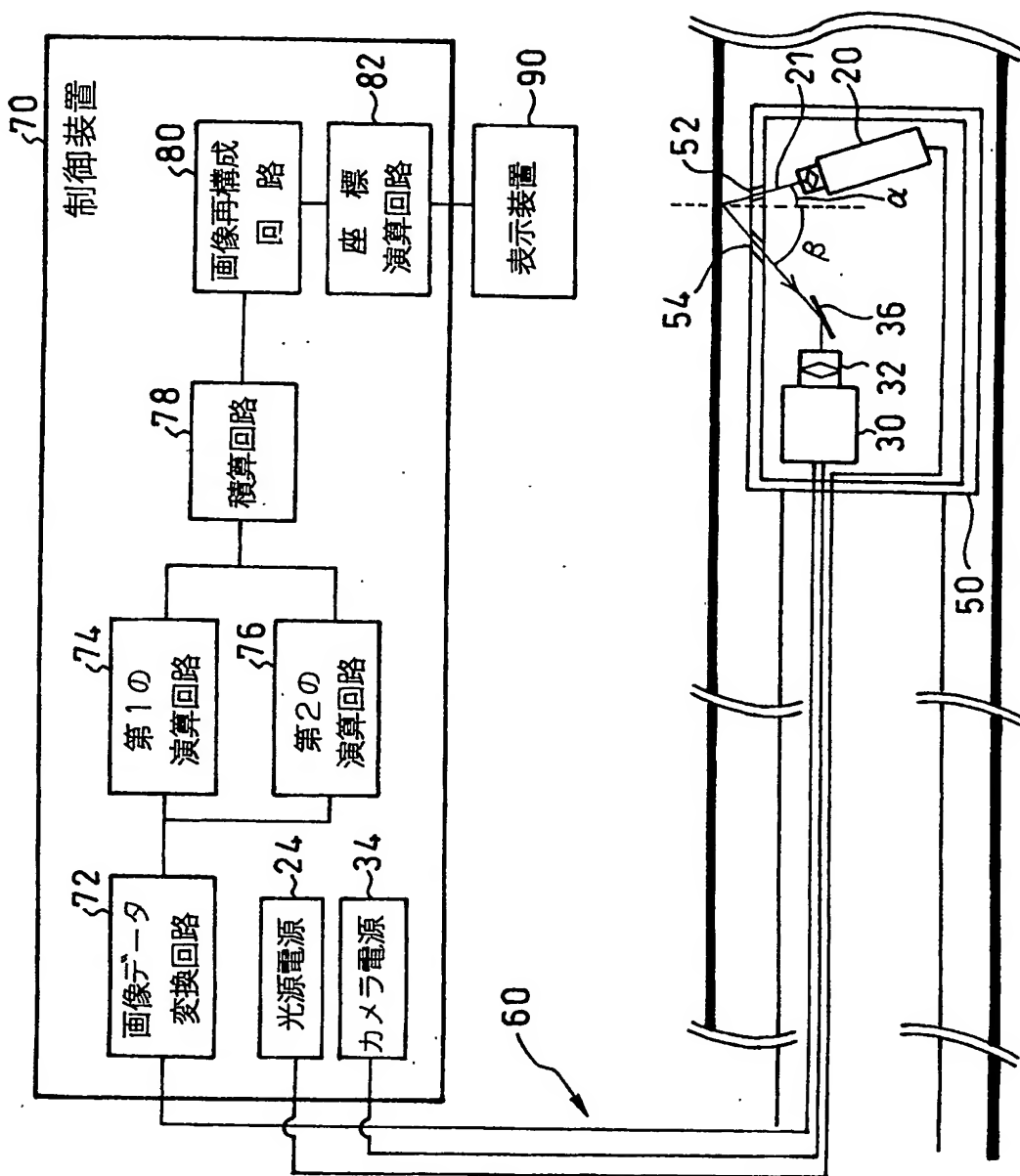
【図 3】



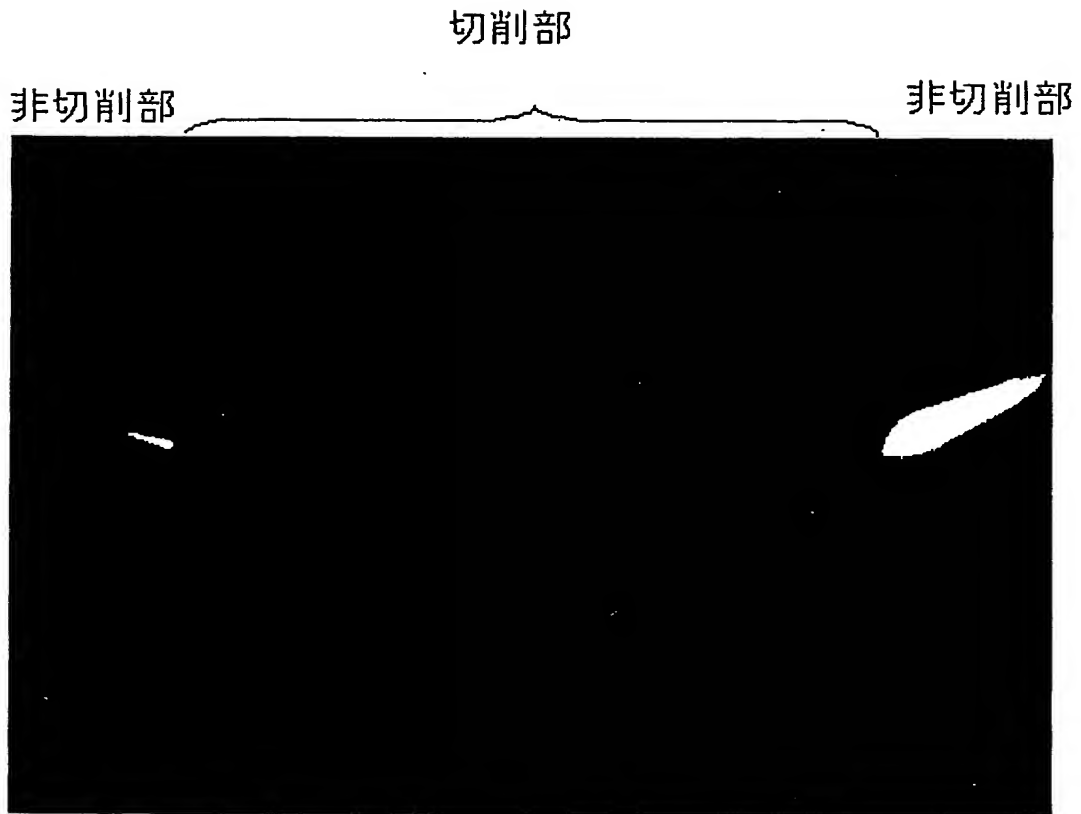
【図 4】



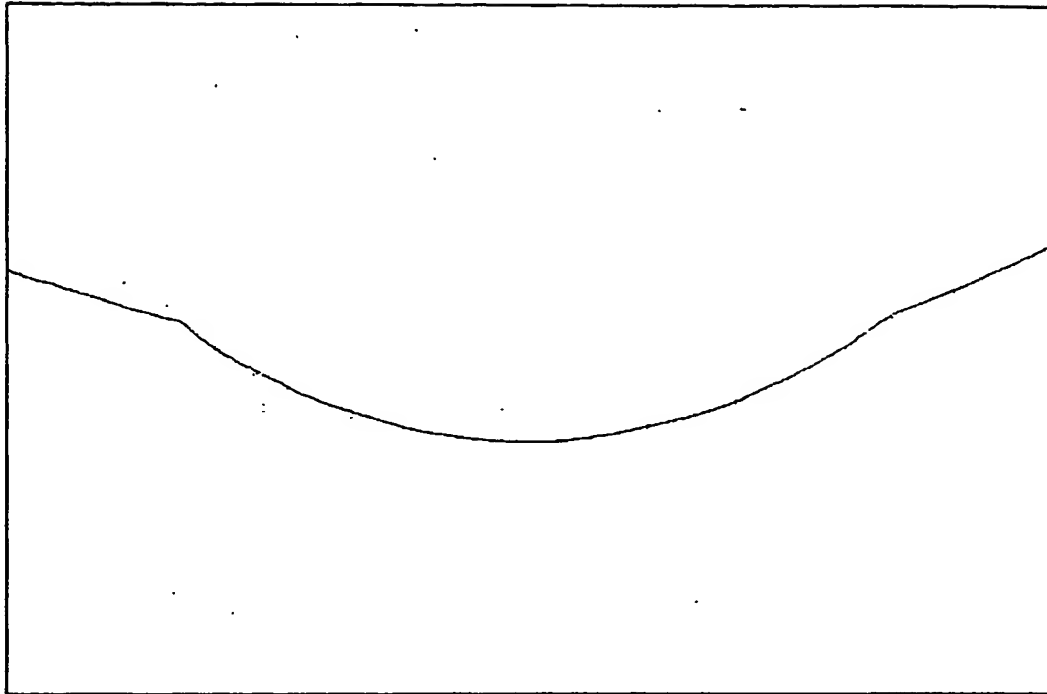
【図5】



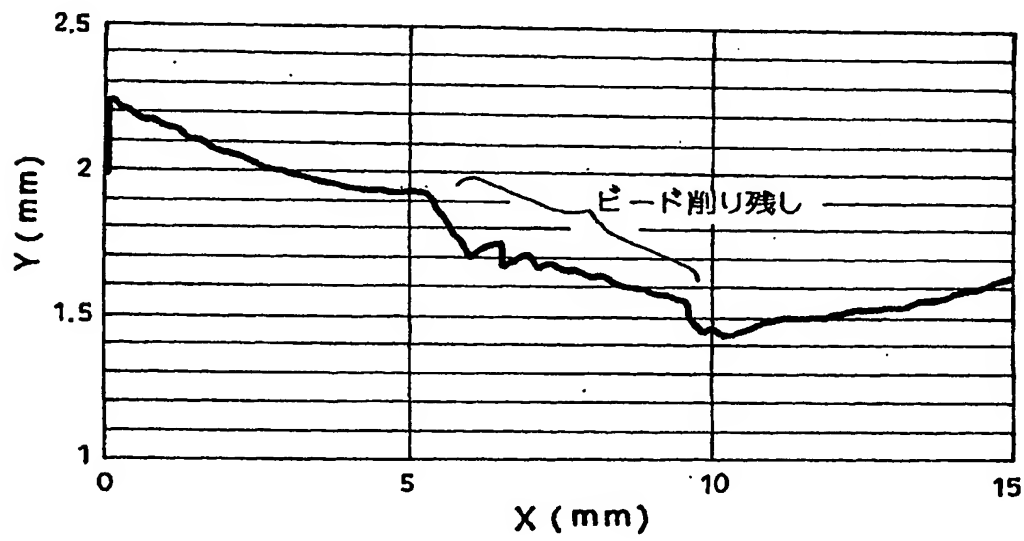
【図 6】



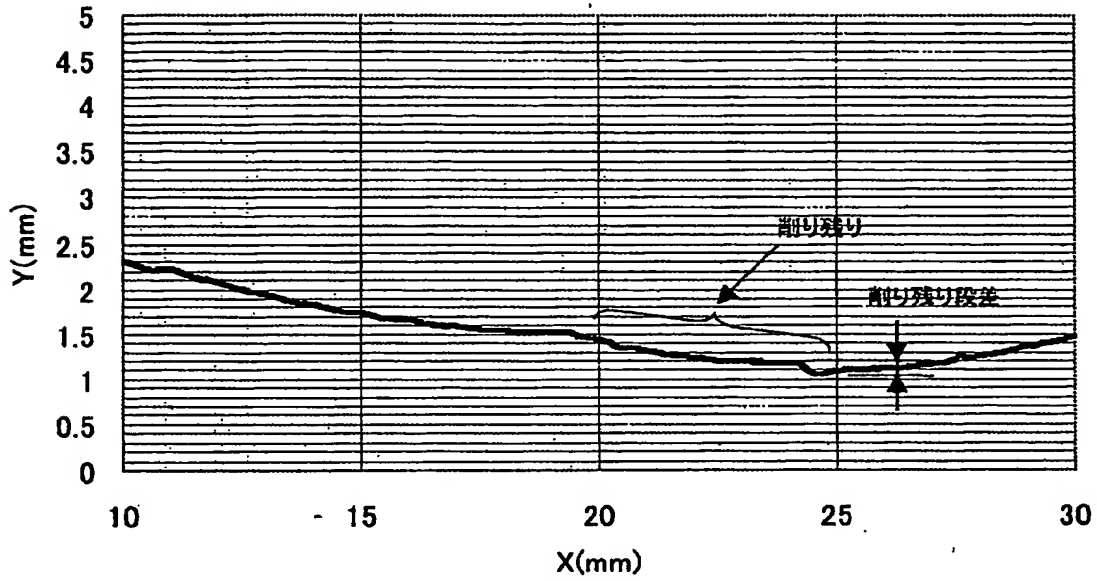
【図 7】



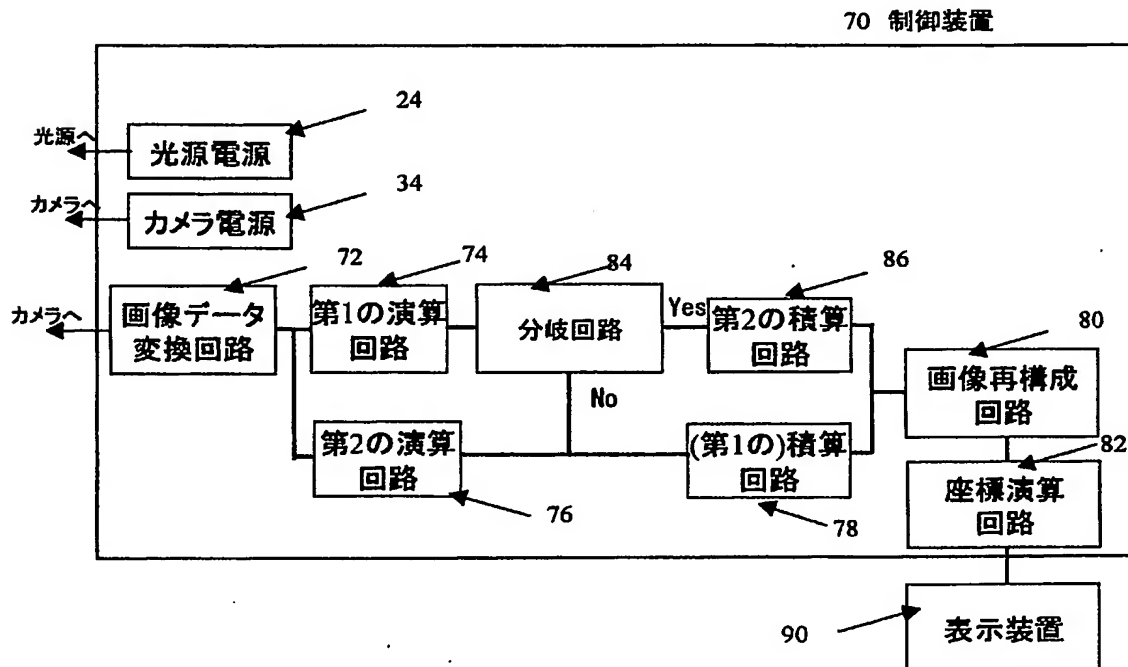
【図 8】



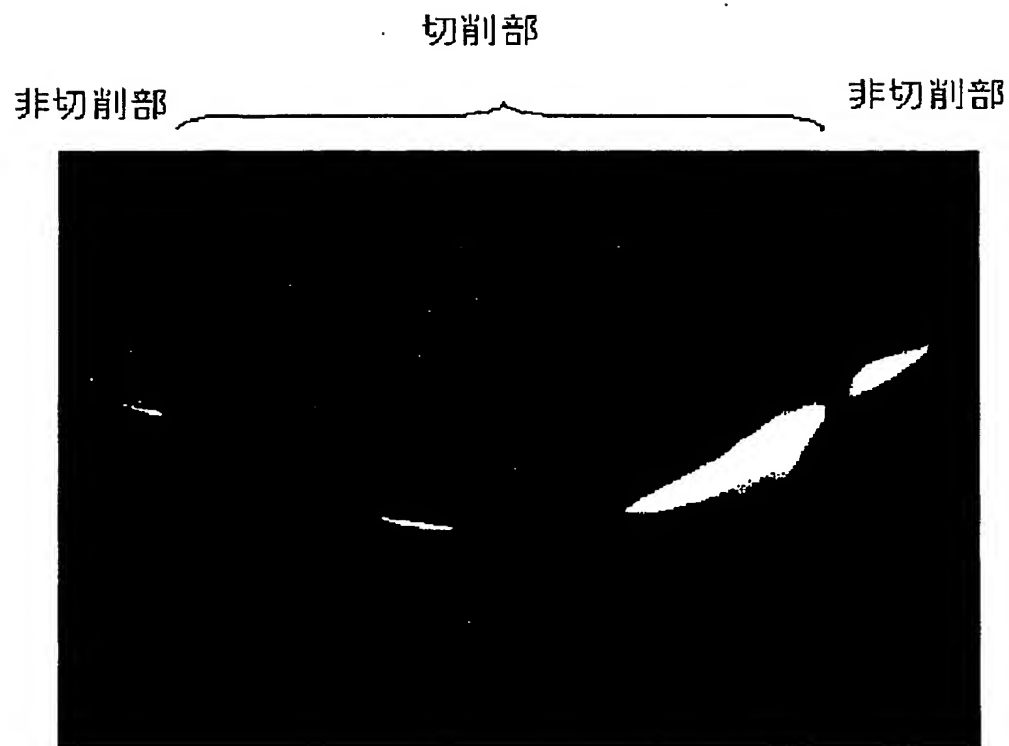
【図 9】



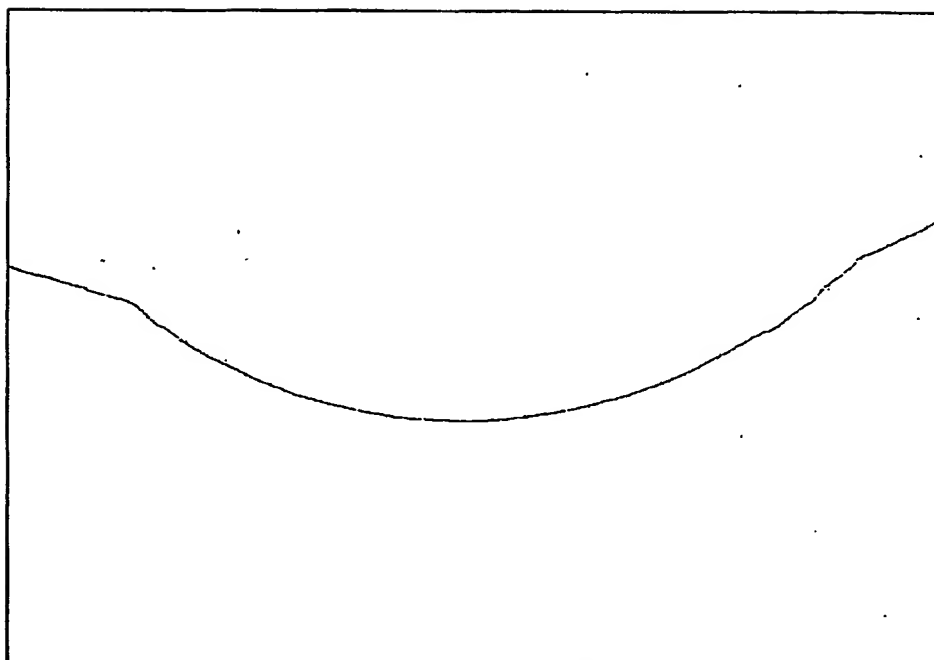
【図 10】



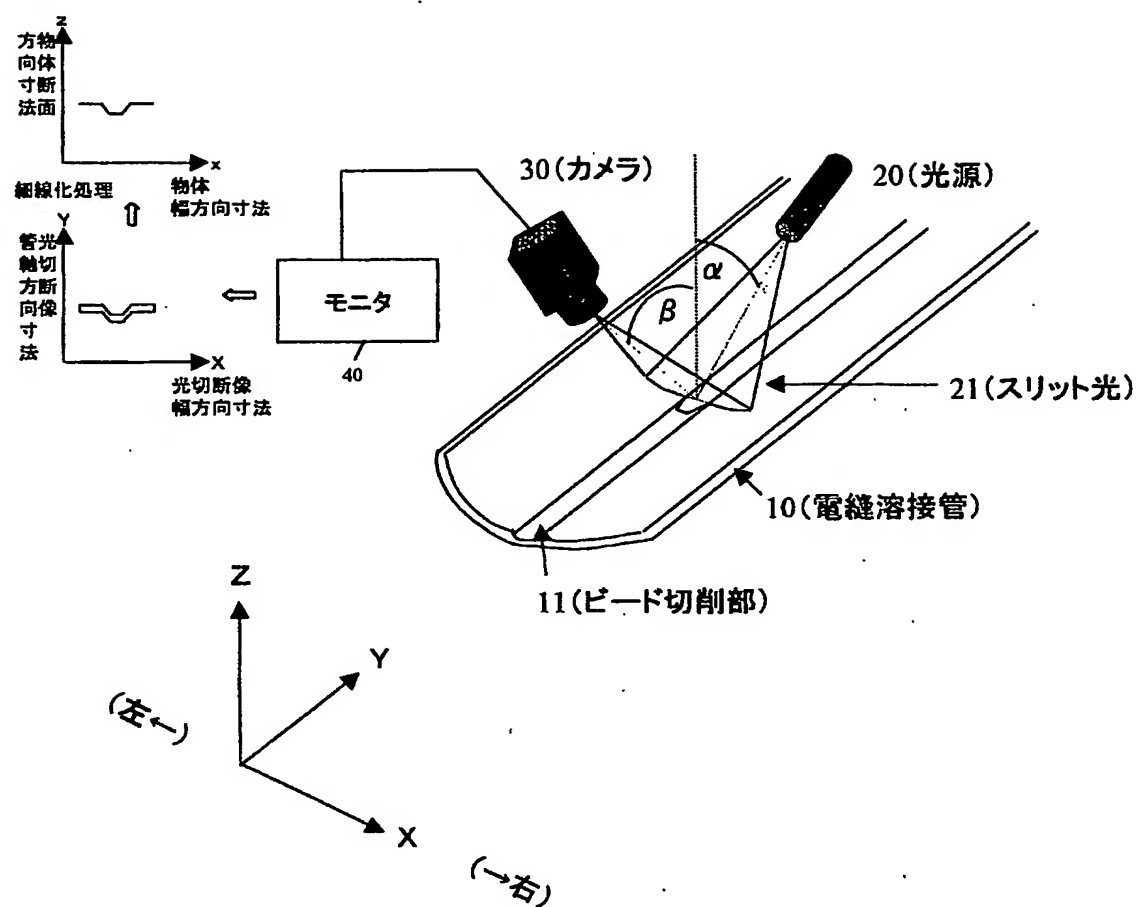
【図 1 1】



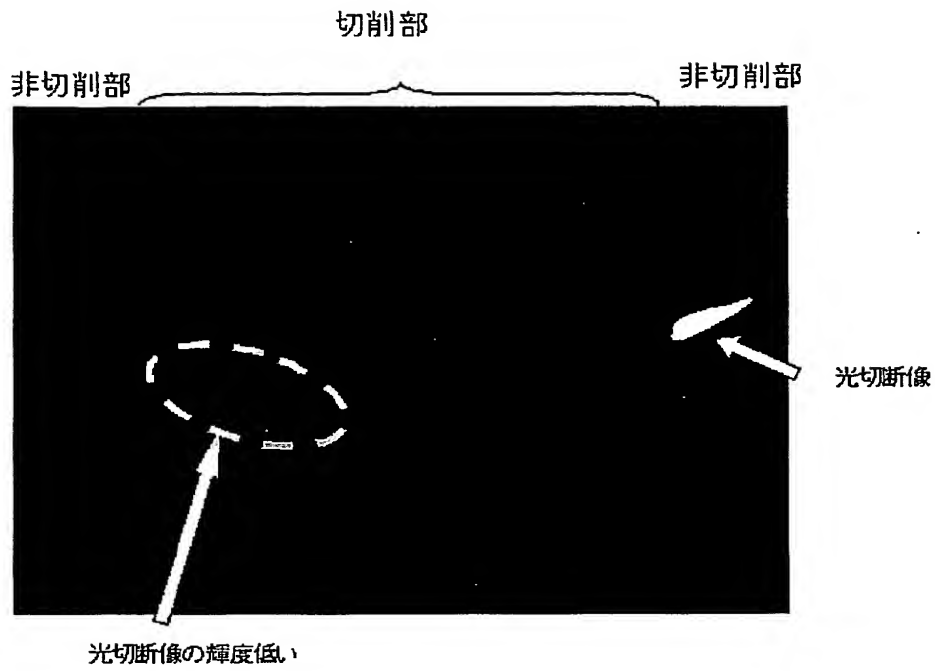
【図 1 2】



【図 13】



【図 1 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電縫溶接管のビード切削形状を、光切断像の切削部と非切削部における輝度レベルの違いの影響を受けることなく精度よく計測する。

【解決手段】 管軸方向の最大輝度およびスリット光 2 1 の照射領域から外れる地合部領域の最大輝度をそれぞれ求め、管軸方向の最大輝度と地合部領域の最大輝度を予め定めた比で内分して得られる輝度を閾値とし、その閾値より大である輝度およびそれを示す管軸方向座標の加重平均を当該幅方向座標、管軸方向座標における擬似断面方向座標とし、擬似断面方向座標を幅方向に連ねて得られる擬似断面形状と、スリット光の光源 2 0、撮像手段 3 0 および電縫溶接管の幾何学的位置関係から決まる所定の変換式に基づいて電縫溶接管 1 0 のビード切削形状を算出する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001258]

- | | |
|----------|-----------------------|
| 1. 変更年月日 | 1990年 8月13日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号 |
| 氏 名 | 川崎製鉄株式会社 |
| | |
| 2. 変更年月日 | 2003年 4月 1日 |
| [変更理由] | 名称変更 |
| 住 所 | 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 |
| 氏 名 | JFEスチール株式会社 |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.